УДК 553.94.552.08.519.233.5

ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ (на примере Нерюнгринского угольного месторождения)

О.Л. Шумилова

Технический институт (филиал) Якутского государственного университета им. М.К. Аммосова
E-mail: olga-neru@mail.ru

Рассмотрены генетические и эпигенетические факторы, влияющие на формирование угольного пласта (его характеристик, выражающихся через морфологию, петрографический состав, восстановленность, степень метаморфизма, окисленность, нарушенность, физические свойства и показатели качества углей). Основная задача исследования состояла в установлении значимых факторов, в большей степени влияющих на показатели качества угольных пластов. Показано решение поставленной задачи с позиции системного подхода при изучении массива горных пород, заключающегося в выделении и изучении множеств взаимосвязанных элементов, и оценке их влияния путем поочередного нормирования основных связей.
Исследование проводилось в условиях пласта "Мощный" Нерюнгринского каменноугольного месторождения Южно-Якутского бассейна. При обработке экспериментальных данных использовались методы корреляционно-регрессионного анализа.
Результаты исследований позволяют полнее использовать геологическую информацию и геофизические методы для оперативного планирования геологоразведочного процесса и горно-добычных работ.

Показатели качества угольных пластов являются важнейшими характеристиками, определяющими промышленно-экономическую ценность и конкурентоспособность угольных месторождений.

Нерюнгринское каменноугольное месторождение расположено в юго-восточной части Алдано-Чульманского угленосного района. Площадь месторождения – 45 км^2. Месторождение приурочено к брахисинклинальной складке. Промышленная угленосность связана с нерюнгриканской свитой верхнеюрского возраста.

Свита характеризуется быстрым изменением гранулометрического состава пород в разрезе и по площади. Породы свиты представлены преимущественно разнозернистыми песчаниками, содержание которых составляет 65...78 %. Среди песчаников преобладают мелкозернистые (27...39 %) и среднезернистые (20...21 %), доля крупнозернистых – 18 %. Алевролиты имеют подчиненное значение (10...17 %), аргиллиты весьма редки (0,5...0,9 %), содержание гравелитов и конгломератов до 9,5 %.

Основным угольным пластом является пласт "Мощный", развитый на площади около 20 км^2. Мощность пласта изменяется от 8...10 до 60 м при средней мощности около 24 м. При рассмотрении разреза пласта "Мощный" отмечается хорошо выраженная последовательность смены петрографических типов углей от блестящих к полуматовым и матовым. Согласно этой смене и происходит увеличение зольности угля при переходе от нижних слоёв к верхним. Неоднородность в составе пласта сохраняется на всей площади месторождения, что позволило, применив геофизические методы, выделить внутри пласта пачки петрографических комплексов.

Эта особенность пласта "Мощный" имеет большое значение при производстве геологоразведочных работ, эксплуатации и переработки угля. Корреляционные пачки широко используются при увязке геологических разрезов, построении специальных планов и карт, разделении углей по их качественным показателям. На рис. 1 представлены петрофизические разрезы Нерюнгринского ме-

сторождения. Разрез в интервале 100...500 м разделен на 2 литолого-геофизические ступени 100...200 и 200...500 м (сверху – вниз), в пределах которых изменение с глубиной физических свойств – скорость распространения продольных волн V_p, удельное электрическое сопротивление $\rho_п$, коэффициента пористости $K_п$, плотности насыщенных пород $\delta_н$ не превышает точности их определения геофизическими методами [1].

Состояние угольного пласта отражается в его естественных и искусственных физических полях, изучаемых посредством геофизических методов, и характеризуется изменением физических свойств углей, вмещающих пород и показателей качества углей в зависимости от степени метаморфизма. Используя данные геофизических исследований скважин, можно изучать качественные и количественные свойства угольного пласта (литологический

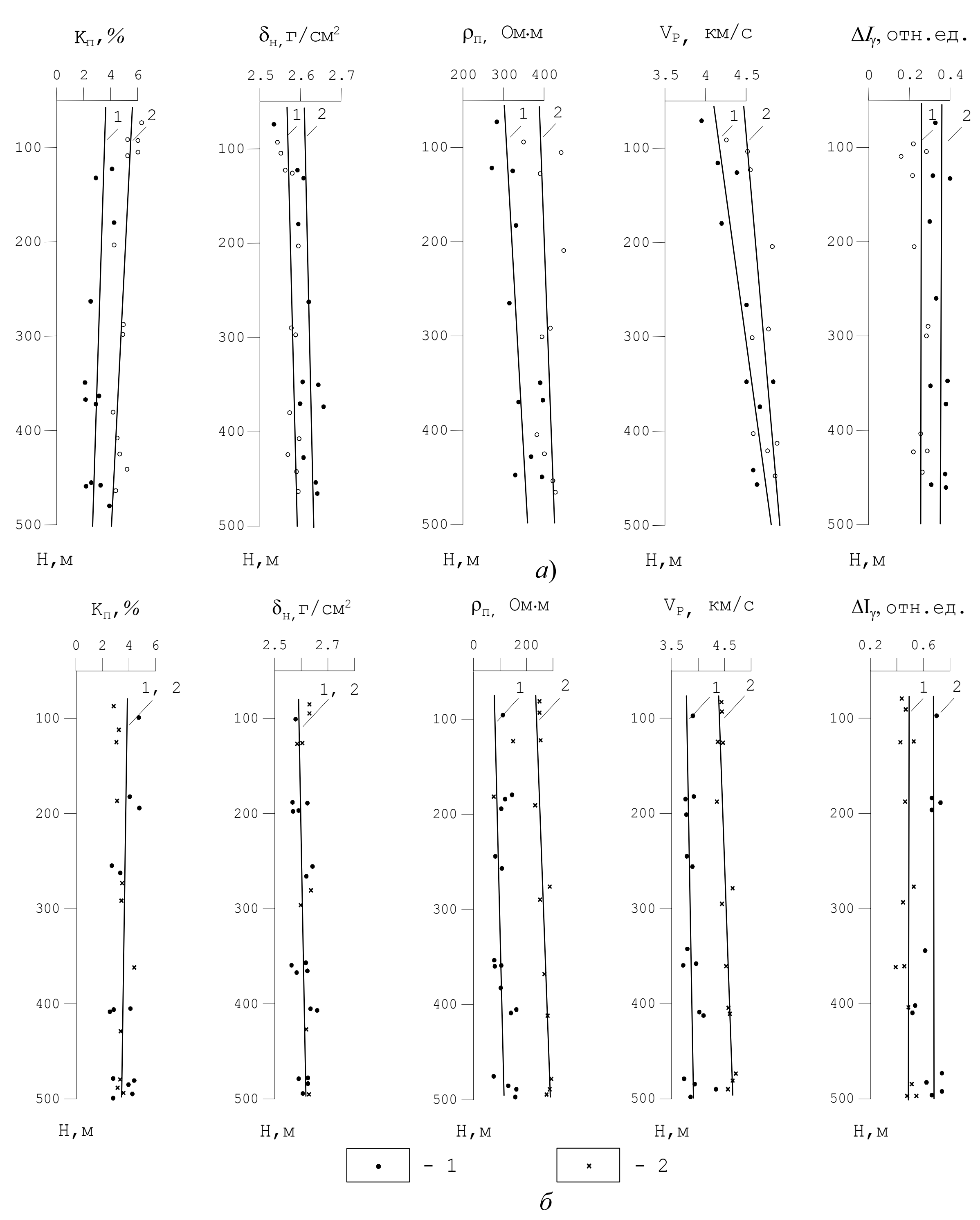


Рис. 1. *Петрофизический разрез Нерюнгринского каменноугольного месторождения а) песчаники, б) алевролиты; 1 – мелкозернистые, 2 – среднезернистые*

состав, мощность и глубину залегания, показатели качества углей, физические свойства горных пород). Особенность Нерюнгринского месторождения – наличие очень глубокой зоны окисления пласта "Мощный" и почти полное отсутствие зоны сильного выветрелого негодного угля. Глубина зоны окисления в среднем по месторождению определяется абсолютными отметками 720...790 м и составляет более 200 м по вертикальному разрезу от максимальной отметки водораздела.

Изменение физических свойств вмещающих пород и показателей качества углей зависит от максимальной палеоглубины погружения в период максимального метаморфизма углей и эпигенеза пород. Данная глубина в период прогрессивного эпигенеза, когда формировались физические свойства пород и показатели качества углей, составляла 4400...5150 м при температуре 110...130 °С. Для Южно-Якутского бассейна установлено, что с увеличением палеоглубины погружения увеличиваются: удельное электрическое сопротивление вмещающих пород от 100 до 450 Ом·м, скорость распространения продольных волн от 3,5 до 5 км/с, плотность насыщенных водой пород от 2,5 до 2,7 г/см^3, плотность сухих пород от 2,42 до 2,6 г/см^3; также возрастает отражательная способность витринита от 80 до 90 % и уменьшаются: пористость пород от 8 до 2 %, выход летучих веществ от 45 до 15 %, снижается влажность рабочая от 0,3 до 0,2 %.

Нерюнгринское угольное месторождение характеризуется наличием зоны многолетнемерзлых пород, достаточно большой мощностью и сложностью строения угольных пластов, представленных несколькими пачками разного петрографического состава, изменчивостью показателей качества, по площади месторождения и по глубине залегания угольных пластов. В табл. 1 приведена обобщенная характеристика пласта "Мощный" [2].

Таблица 1. *Характеристики углей пласта "Мощный" Нерюнгринского месторождения*

Марка	Элементный состав, %					Показатели качества				
	C	H	N	O	S	W^a, %	$A^a_{абс}$, %	A^{daf}, %	R^o, %	Y, мм
K_9	91,0	4,7	1,2	3,2	0,2	0,4	5,7	17,2	1,57	12
K_6	90,9	4,7	0,9	3,3	0,3	0,5	10,8	18,1	1,60	7
3СС	88,5	4,7	1,4	5,2	0,3	1,1	7,6	20,5	1,52	–

Условные обозначения: A^d – зольность; V^{daf} – выход летучих веществ; W^a – влажность; Y – высота пластического слоя; R^o – отражательная способность витринита

Показатели качества углей сформировались в результате воздействия двух групп факторов – первичных (генетических) и вторичных (эпигенетических). К первичным факторам следует отнести: интенсивность тектонических движений, исходный органический материал, условия накопления органической и минеральной массы, обусловленные палеорельефом, гидрогеологической обстановкой и палеоклиматическими условиями, химический состав среды, вещественный состав подстилающих и перекрывающих пород, а также другие факторы. Совокупность этих факторов можно определить как фациальные условия осадконакопления. К вторичным относятся постдиагенетические факторы – температура и давление на глубине максимального погружения, геологическое время [3].

Совместное воздействие перечисленных факторов формирует угольный пласт, его характеристики, выражающиеся через морфологию, петрографический состав, восстановленность, степень метаморфизма, окисленность, нарушенность, показатели качества и физические свойства [4].

В качестве элементов, отражающих генетические факторы, можно принять: литотипы в кровле ($L_к$) и почве ($L_п$) угольного пласта, зольность угольного пласта (A^d).

Особенности фациальных условий осадконакопления отображаются в значениях и изменчивости зольности углей. На Нерюнгринском месторождении использовались различные геофизические методы определения зольности углей, основным является метод определения зольности углей по данным мГГК-с (селективного микрогамма-гамма каротажа). Этот метод позволяет иметь достоверные определения зольности углей в тех случаях, когда геологическое опробование не кондиционно. На рис. 2 показано, как связаны показатели качества углей с зольностью угольного пласта.

Литотипы в кровле и почве угольного пласта определяют герметичность, а следовательно энерго- и массообмен в системе уголь – вмещающие породы. При изучении связи показателей качества углей с литологией почвы и кровли угольного пласта установлено, что достаточно четко прослеживаются три класса боковых пород: угли, углистые породы и прочие песчано-алевролитовые разности.

Анализ влияния эпигенетических факторов выполнялся путем рассмотрения изменения показателей качества углей с абсолютной глубиной залегания угольного пласта ($H_{абс}$). Из рассмотрения исключались зоны, прилегающие к границе распространения многолетнемерзлых пород (критерий выбраковки – интервалы глубин ниже 50 м от уровня жидкости в скважине).

На рис. 3 показано, как связаны значения показателей качества углей с абсолютной глубиной залегания угольного пласта.

Установлена достаточно тесная связь абсолютной глубины залегания угольного пласта с выходом летучих веществ (V^{daf}). С изменением значений глубины увеличивается количество выхода летучих веществ. Изменение влаги аналитической (W^a) от 0,1 до 0,6 % связано с обводненностью пласта подземными водами. Для пластометрического показателя (Y) (толщина пластического слоя), характеризующего степень окисленности углей, установлена слабая связь с абсолютной глубиной угольного пласта. Однако эту тенденцию не следует связывать с влиянием регионального метаморфизма.

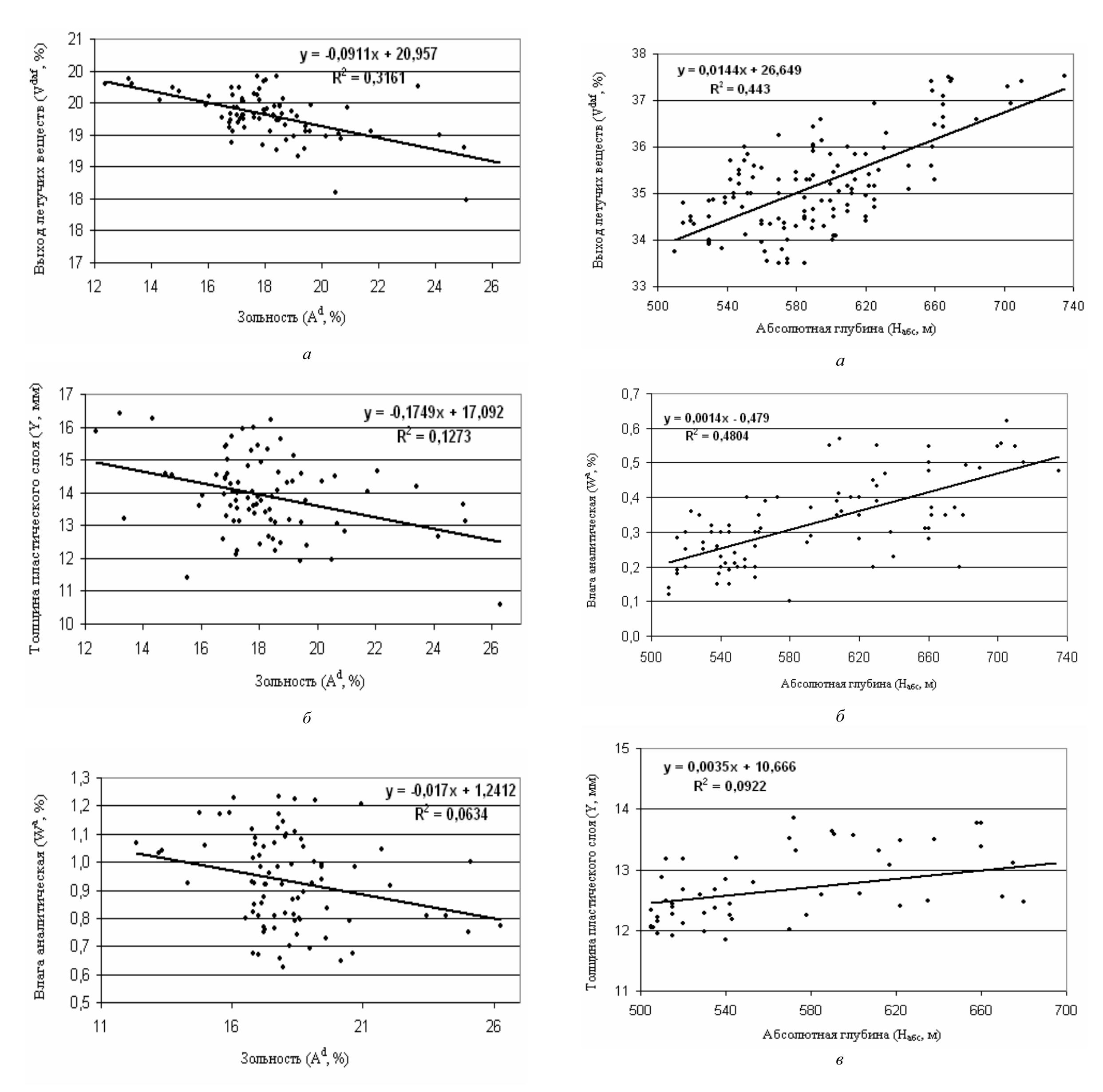


Рис. 2. *Поле корреляции и график зависимости показателей качества углей от зольности угольного пласта (A^d, %): а) выхода летучих веществ (V^{daf}, %), б) толщины пластического слоя (Y, мм), в) влаги аналитической (W^a, %)*

Рис. 3. *Поле корреляции и график зависимости показателей качества углей от абсолютной глубины залегания пласта ($H_{абс}$, м): а) выхода летучих веществ (V^{daf}, %), б) влаги аналитической (W^a, %), в) толщины пластического слоя (Y, мм)*

Так же изучалась взаимосвязь показателей качества углей с глубиной от устья скважины ($H_{ус}$). Установлено, что с увеличением глубины от устья скважины увеличивается влага аналитическая (W^a) и толщина пластического слоя (Y). Наблюдается незначительное увеличение выхода летучих веществ (V^{daf}).

Для анализа влияния петрографического состава углей и содержания в них минеральных примесей при изучении показателей качества углей необходимо учитывать индекс пачки пласта (n), геофизический параметр, измеряемый методами мГГК-с и ГК, а также координаты рассматриваемого интервала (X, Y). Степень постоянства показателей качества углей зависит от мощности пачек и угля (без породных и углистых прослоев), поэтому эти факторы необходимо взвешивать на свои мощности. Необходимо также учитывать индекс среды, т. к. на геофизические параметры влияет среда (воздух, вода), тем более, что верхняя граница уровня воды, как правило, контролируется мощностью многолетних мерзлых пород.

Пласт "Мощный" Нерюнгринского угольного метсторождения представлен большим различием минерального состава золы в разных пачках угля. В связи с этим, был использован метод литологического расчленения разрезов углеразведочных скважин по геофизическим данным [5]. Пласт "Мощный" был

разделен на пять угольных пачек с породными прослоями. Устанавливалась корреляционная зависимость между параметром ($I_{от}$) (относительной интенсивностью гамма-излучения, измеряемой методом мГГК-с) и показателем зольности. По регрессионным зависимостям $A^d=f(I_{от})$ рассчитана зольность углей пласта "Мощный" по составляющим его пачкам. Уравнения регрессии приведены в табл. 2 [6].

Таблица. 2. *Зависимость зольности (A^d) от геофизического параметра ($I_{от}$) для угольного пласта "Мощный" по составляющим его пачкам*

Номер пачки пласта (n)	Коэффициент корреляции (R)	Уравнение регрессии
1	0,84	A^d=8,783–14,857Ln$(I_{от})$
2	0,91	A^d=15,338$(I_{от})^{-063058}$
3	0,88	A^d=94,961exp(–2,1084$(I_{от})$)
4	0,84	A^d=93,383exp(–2,0687$(I_{от})$)
5	0,91	A^d=19,823–13,035Ln$(I_{от})$

При выборе основных геологических факторов, влияющих на показатели качества углей, необходимо оценить их влияние путем поочередного нормирования основных связей. Между описанными выше геологическими факторами существуют достаточно устойчивые корреляционные связи. Для Нерюнгринского угольного месторождения оказалось, что подобные связи не наблюдаются.

Например, зависимость выхода летучих веществ (V^{daf}) от основных геологических факторов характеризуется низким значением коэффициента множественной корреляции (R=0,58) [7]. Уравнения регрессии имеет вид:

$$V^{daf} = 0{,}101 H_{абс} - 1{,}122 L_к - 0{,}438 L_п - -0{,}597 A^d - 0{,}005 H_{ус} - 37{,}209.$$

Из изложенного следует, что изучение показателей качества углей и угленосных пород следует начинать с обобщения геологических факторов, вызывающих образование и преобразование осадков и осадочных пород [8]. Качество угля закономерно изменяется в процессе метаморфизма и зависит от петрографического состава углей. Для изучения формирования углей конкретных месторождений необходимо учитывать целый комплекс признаков – степень восстановленности углей, их минеральные примеси, фациальный и минеральный состав вмещающих угли пород. Влияние метаморфизма целесообразно изучать на генетически однородных объектах, т.е. стратиграфически однотипных пластах.

Для Нерюнгринского каменноугольного месторождения определены следующие геологические факторы, в большей степени влияющие на показатели качества углей: абсолютная отметка залегания слоя ($H_{абс}$), координаты геологического участка (X, Y), глубина от устья скважины ($H_{ус}$), литотипы непосредственной кровли и почвы угольного пласта (L_k, L_n), индекс пачки пласта (n), индекс среды, мощность угля и мощность пласта, относительный параметр геофизических методов селективного микрогамма-гамма каротажа (мГГК с) и гамма-каротажа (ГК), зольность, рассчитанная методом корреляционно-регрессионного анализа (A^d).

Исследование формирования показателей качества углей имеет большое практическое значение для повышения уровня геологоразведочных работ на угольных месторождениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гречухин В.В. Петрофизика угленосных формаций. – М.: Недра, 1990. – 360 с.
2. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, о. Сахалин, п-ов Камчатка) // ЗАО "Геоинформмарк". – 1998. – Т. 5. – № 2. – 638 с.
3. Гриб Н.Н., Самохин А.В., Черников А.Г. Методологические основы системного исследования массива горных пород. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2000. – 104 с.
4. Косыгин Ю.А., Соловьев В.А. Статические динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях // Известия АН СССР. Сер. геол. – 1969. – № 6. – С. 9–18.
5. Гриб Н.Н., Логинов М.И., Самохин А.В., Русина Л.Г. Определение зольности углей на Эльгинском каменноугольном месторождении по гамма-каротажу с использованием Марковского векторного прогнозирования // Наука и образование. – 1997. – № 4. – С. 55–64.
6. Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. – М.: Недра, 1971. – 248 с.
7. Андронов А.М., Копытов Е.А., Гринглаз Л.Я. Теория вероятностей и математическая статистика. – СПб.: Питер, 2004. – 461 с.
8. Гречухин В.В. Изучение угленосных формаций геофизическими методами. – М.: Недра, 1980. – 360 с.